

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Biomecánica

Práctica #1

Maestro: Isaac Estrada

Matrícula	Nombre	Carrera
1908186	Armando Rincón Reyes	IMTC
1991920	Idalia Rivera Del Angel	IMTC
1910192	Alan Magdiel Villa Herrera	IMTC
1910912	Mónica Rangel Guerra	IMTC
1900416	Diego Alexis Limón Báez	IMTC
1927564	Marcos Fernando Romero Carrillo	ITMC

Hora: N3

Grupo: 202

Semestre: 7mo

Fecha: 5 de septiembre 2022

Semestre Agosto-Diciembre 2022

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza.

1. Objetivo

El estudiante deberá presentar una propuesta de análisis de formas de programación, de características de trabajo específicas (programación) que presenta.

2. Nombre y definición de la programación mencionar un ejemplo de forma de la GEOMETRÍA

2.1 Geometría composición y funcionamiento

La bicicleta se compone de tubos que se conectan los pedales, rueda trasera, rueda delantera, el manillar, freno, cambio de marchas, asiento, etc. El proceso de diseño tiene dos características fundamentales: ser muy laborioso y ser muy subjetivo. Tiene cierta complejidad el inicio del diseño. El trasladar conceptos e ideas a geometrías en tres dimensiones no es tarea sencilla. Una herramienta muy útil, rápida y muy utilizada en los inicios puede ser simplemente la realización de bocetos en papel con lápiz. Tras analizar otras opciones, se optó por cambiar el diseño inicial a perfiles elípticos por motivos de mejor momento de inercia en la dirección de las cargas, y también consiguiendo un perfil más aerodinámico.

3. Estado del arte

En el mundo del ciclismo se han realizado numerosos estudios relacionados con la biomecánica, dando lugar a una gran dimensión de documentación relacionada con este tema. La biomecánica es la ciencia que estudia el conjunto del mecanismo (la bicicleta, en este caso) y la persona, para estudiar todas las fuerzas que interactúan en el sistema, como las fuerzas que se oponen al desplazamiento o las fuerzas propulsivas, y también, aspectos para aumentar la eficacia mecánica del desplazamiento. Por ello, la biomecánica abarca numerosos aspectos, pero este proyecto se va a centrar en el estudio de las fuerzas propulsivas, y especialmente las aplicadas contra el pedal.

Aunque tradicionalmente la ingeniería mecánica ha sido la perspectiva científica que ha dedicado más esfuerzos al estudio de la eficacia en el desplazamiento, resulta insuficiente cuando se trata de vehículos propulsados por una persona. Debido a la interacción entre el hombre y la máquina se requieren incorporar otras perspectivas científicas que tengan en cuenta procesos bioenergéticos y de producción de fuerza en el sistema muscular.

Posiblemente debido a aspectos como la relevancia de la bicicleta en el transporte hoy en día, el uso de la bicicleta como ejercicio o terapia y el ciclismo de competición, hay numerosos estudios de la biomecánica del ciclismo. Entre ellos, se encuentran estudios relacionados con las resistencias al desplazamiento, con la dinámica muscular y los estudios cinemáticos y cinéticos relacionados con las fuerzas sobre el pedal y sus variables interactivas son los aspectos que más interesan, debido a que se necesita conocer las cargas que se deben aplicar al modelo del cuadro. Además, sólo puede considerarse como fuerza propulsiva externa a la acción de la gravedad en el caso de que el sistema se encuentre en una pendiente descendiente, el resto de fuerzas propulsivas son interactivas dentro del sistema, como son las ejercidas sobre el sillín, el manillar y, especialmente, sobre los pedales, teniendo en cuenta que dichas fuerzas propulsivas son ejercidas por el ciclista, es decir, por las fuerzas que ejercen sus contracciones musculares y los momentos sobre las articulaciones.

Con el fin de seguir unos estándares de fabricación, las marcas de bicicletas establecen unas medidas estándar que son clasificadas en diferentes tallas, según las necesidades del cliente. Esto facilita y abarata mucho la producción en serie, con lo que se consiguen mejores precios para el cliente.

Las medidas para tener en cuenta y que se realizan mediciones al usuario, principalmente son:

- Altura Corporal: La medición se realiza sin calzado, y va desde la clavícula hasta la planta del pie.
- Longitud de piernas: La medida se realiza desde la entrepierna hasta la planta del pie.

➤ Longitud de brazos: Se realiza la medición desde encima de la articulación del hombro hasta el centro de la palma de la mano. Con estas medidas, el usuario elige la talla de la marca que más se acople a él, y de esta manera se aumenta la comodidad y el rendimiento que puede obtener con ella, entre otros factores.

En cambio, también existen marcas que son capaces de realizar y fabricar bicicletas únicas y personalizadas para cada cliente. Es un proceso que implica un elevado coste, ya que tu bicicleta es fabricada exclusivamente para una persona, con lo que el precio de venta aumente considerablemente.

Para la construcción de un modelo compuesto por placas, primero, hay que realizar la creación de puntos en función de la geometría a realizar y, a continuación, la creación de líneas para formar los lados de las placas. Se deberá tener especial atención en la generación de líneas y áreas. En modelos creados solamente con puntos y líneas es muy sencilla su construcción y saber cuándo se está construyendo mal la geometría, por el número pequeño de elementos geométricos a tener en cuenta, y por la facilidad de ver estos elementos repetidos.

En la construcción de geometrías de los modelos de elementos finitos es típico tener que simplificar partes de la simulación para que la resolución del modelo, por parte del ordenador, sea más sencilla. Lo que implica tener que eliminar o cambiar elementos poco útiles, o cuyo grado de detalle no es necesario. En este modelo se eliminaron y se cambiaron ciertas partes para hacer que la resolución fuese más sencilla.

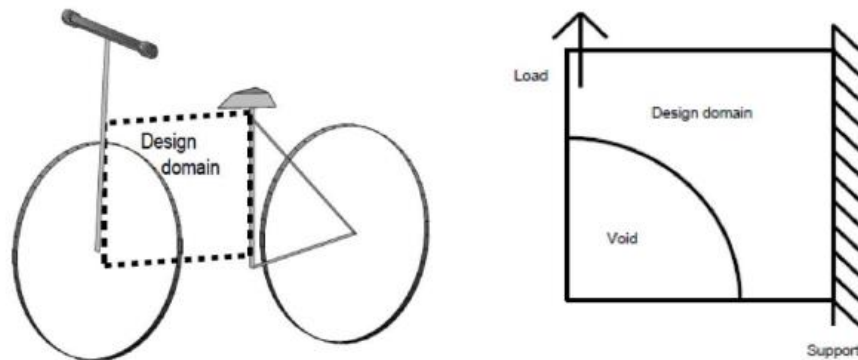
4. Propuesta de diseño de la geometría, alcances y limitaciones

La forma del cuadro está relacionada con el concepto de antropometría, así no fuimos más allá de encontrar la adaptación del cuadro a las medidas corporales del ciclista.

Luego, mediante un ajuste biomecánico se emiten variables en la altura y posición del sillín, la longitud de la manivela, la altura y posición del manillar y el ancho del manillar.

Además, existe una notable diferencia entre los cuadros de una bicicleta diseñada para hombres o para mujeres, entiéndase que para las mujeres se tiene un diseño que facilita montar en las bicicletas. La intención de la presente practica de laboratorio es la optimización del diseño.

El propósito es crear la parte delantera del marco para que la bicicleta tenga la mayor rigidez posible, como observamos en la imagen del problema de diseño, el marco esta unido con el asiento y con el manubrio.



Hay ciertos puntos que debemos tener en cuenta en el diseño como que la rueda delantera tiene que ocupar cierto espacio donde no puede ir parte del marco, la parte trasera tiene que soportar el peso de la persona y el manubrio crea una fuerza vertical.

5. Pasos del desarrollo de la programación

Primero se considera la carga y el apoyo en el cual se ponen en las líneas 80 y 81 del código

```
80    F(2,1)=1;
```

```
81    fixeddofs=2*nex*(nely1)+1:2(nex+1)*(nely+1)
```

Se guarda el código y se ejecuta con:



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

top(20,20,0.33,3.0,1.5)

El módulo de Young se debe de corregir en la línea 89, con un valor de $E=2 \cdot 10^{11} \text{N/m}^2$.

También se puede corregir el tamaño de los elementos finitos en la línea 41.

41 while((|2-|1|)/2>1e-4)

Penalización y filtro de radio

La sintaxis es:

top(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)

Donde:

- nelx: núm. de elementos finitos en la dirección horizontal.
- nely: núm. de elementos finitos en la dirección vertical.
- volfrac: fracción de volumen en el dominio de diseño.
- penal: penalización de las densidades intermedias. Una penalización alta hará la solución en blanco y negro, es decir los elementos finitos estarán llenos o vacíos.
- Una penalización=1 significa que no hay penalización de las densidades intermedias.
- rmin: radio de filtro para un filtro que hace que el diseño de malla independiente.

Definición de regiones vacías

Se agrega el siguiente código a las líneas 5 y 6 del código de matlab:

for ely=1:nely

for elx=1:nelx

*if((elx)^2+(ely-nely)^2)<(0.65*nelx)^2*

passive(ely,elx)=1

else

passive(ely,elx)=0

end

end

$$x(\text{find}(\text{passive}))=0.001;$$

El último comando inicializa todos los elementos de la zona hueca en el bajo valor 0.001. También se le tiene que agregar una línea de código entre el 43 y 44:

```
29 [x]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
```

```
40 function [xnew]= OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
```

43b $x_{new}(\text{find}(\text{passive}))=0.001$

Se realizan los cambios y se cambia:

$$top(20,20,0.33,3,1.5)$$

6. Resultados de la optimización

[illegible]



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

```
prac2.m* x +
1      %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLESIGMUND, OCTOBER 1999 %%%
2      %%% Practica 2 Laboratorio de Biomecanica N3 Martes''
3      function prac2(nelx,nely,volfrac,penal,rmin)
4      % INITIALIZE
5      x(1:nely,1:nelx) = volfrac;
6      loop = 0;
7      for ely = 1:nely
8          for elx = 1:nelx
9              if ((elx)^2+(ely-nely)^2) < (0.65*nelx)^2
10                 passive(ely,elx) = 1;
11             else
12                 passive(ely,elx) = 0;
13             end
14         end
15     end
16     x(find(passive))=0.001;
17     change = 1.;
18     % START ITERATION
19     while change > 0.01
20         loop = loop + 1;
21         xold = x;
22         % FE-ANALYSIS
23         [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
24         % OBJECTIVE FUNCTION AND SENSITIVITY ANALYSIS
25         [KE] = 1k;
26         c = 0.;
27         for ely = 1:nely
```




UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

```

25 - [KE] = 1k;
26 - c = 0.;
27 - for ely = 1:nely
28 - for elx = 1:nelx
29 - n1 = (nely+1)*(elx-1)+ely;
30 - n2 = (nely+1)* elx +ely;
31 - Ue = U([2*n1-1;2*n1; 2*n2-1;2*n2; 2*n2+1; 2*n2+2; 2*n1+1;2*n1+2],1);
32 - c = c + x(ely,elx)^penal*Ue'*KE*Ue;
33 - dc(ely,elx) = -penal*x(ely,elx)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
34 - end
35 - end
36 % FILTERING OF SENSITIVITIES
37 %[dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
38 % DESIGN UPDATE BY THE OPTIMALITY CRITERIA METHOD
39 - [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive);
40 % PRINT RESULTS
41 - change = max(max(abs(x-xold)));
42 - disp(['It.: ' sprintf('%4i',loop) 'Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
43 ' Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
44 ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change )])
45 % PLOT DENSITIES
46 - colormap(gray); imagesc(-x); axis equal; axis tight; axis off;pause(1e-6);
47 - end

```

```

48 %***** OPTIMALITY CRITERIA UPDATE *****
49 - function [xnew]=OC(nelx,nely,x,volfrac,dc,passive)
50 - l1 = 0; l2 = 100000; move = 0.2;
51 - while ((l2-l1)/l2 > 1e-4)
52 - lmid = 0.5*(l2+l1);
53 - xnew(find(passive))=0.001
54 - xnew = max(0.001,max(x-move,min(1.,min(x+move,x.*sqrt(-dc./lmid)))));
55 - if sum(sum(xnew)) - volfrac*nelx*nely > 0;
56 - l1 = lmid;
57 - else
58 - l2 = lmid;
59 - end
60 - end
61 %***** MESH-INDEPENDENCY FILTER *****
62 - function [dcn]=check(nelx,nely,rmin,x,dc)
63 - dcn=zeros(nely,nelx);
64 - for i = 1:nelx
65 - for j = 1:nely
66 - sum=0.0;
67 - for k = max(i-round(rmin),1):min(i+round(rmin),nelx)
68 - for l = max(j-round(rmin),1):min(j+round(rmin), nely)
69 - fac = rmin-sqrt((i-k)^2+(j-l)^2);
70 - sum = sum+max(0,fac);
71 - dcn(j,i) = dcn(j,i) + max(0,fac)*x(l,k)*dc(l,k);
72 - end
73 - end

```



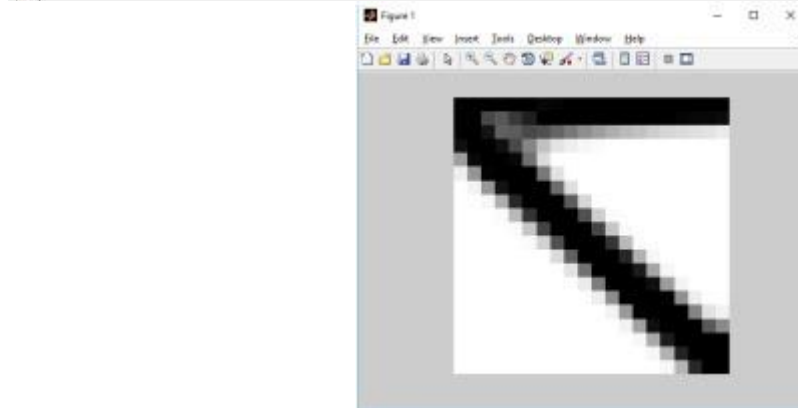
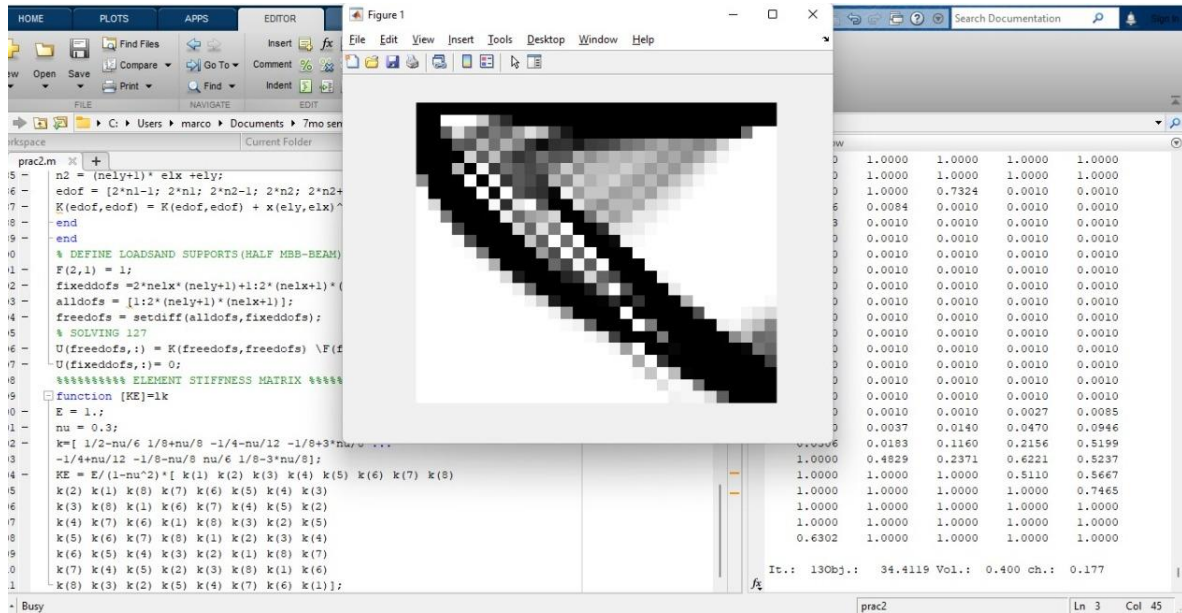
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



```

97 - U(fixeddofs,:) = 0;
98 - %***** ELEMENT STIFFNESS MATRIX *****
99 - function [KE]=lk
100 - E = 1.;
101 - nu = 0.3;
102 - k=[ 1/2-nu/6 1/8+nu/8 -1/4-nu/12 -1/8+3*nu/8 ...
103 - 1/4+nu/12 -1/8-nu/8 nu/6 1/8-3*nu/8];
104 - KE = E/(1-nu^2)*[ k(1) k(2) k(3) k(4) k(5) k(6) k(7) k(8)
105 - k(2) k(1) k(8) k(7) k(6) k(5) k(4) k(3)
106 - k(3) k(8) k(1) k(6) k(7) k(4) k(5) k(2)
107 - k(4) k(7) k(6) k(1) k(8) k(3) k(2) k(5)
108 - k(5) k(6) k(7) k(8) k(1) k(2) k(3) k(4)
109 - k(6) k(5) k(4) k(3) k(2) k(1) k(8) k(7)
110 - k(7) k(4) k(5) k(2) k(3) k(8) k(1) k(6)
111 - k(8) k(3) k(2) k(5) k(4) k(7) k(6) k(1)];

```

7. Conclusiones por cada autor

Alan Magdiel Villa Herrera

En esta segunda práctica se evaluaron problemas de diseño utilizando una herramienta de transporte tan simple como una bicicleta. El conocimiento obtenido de la primera práctica se puede aplicar a la optimización topologica del modelo implementando las consideraciones relevantes descritas al comienzo del informe.

La estructura del código tiene en cuenta aspectos fundamentales como la carga, la fuerza y los valores de apoyo a la hora de crear las piezas, lo más notable fue que todos los detalles se colocaron secuencialmente en diferentes líneas de código, dando como resultado un diseño satisfactorio.

Mónica Rangel Guerra

Podemos concluir que en este reporte se puso en práctica lo visto en la practica 1 con el código de optimización topológica, solo que dándole unos cambios necesarios en el código para que nos del resultado esperado el cual es el marco de una bicicleta.

Marcos Fernando Romero Carrillo

Con la finalización de este reporte pude comprender un poco más el uso de Matlab para poder programar la optimización de en este caso el marco de una bicicleta y de esta manera observar el cómo funciona gracias al código de 99 líneas visto previamente en la practica 1.

Diego Alexis Limón Báez

En esta práctica se reforzaron muchos de los conocimientos vistos en la práctica anterior en donde se hizo un análisis de geometrías. Ahora se analizó el marco de una bicicleta como geometría por lo que el análisis se vuelve un poco más familiar y agradable y aplicable a la vida real. Al igual que en la práctica pasada se tuvieron que hacer unos cambios en las líneas de código de MATLAB de tal forma que la

simulación corra los parámetros que nosotros le especificamos y que además estos parámetros son cambiarles por unos que nos arrojen resultados diferentes. Lo aprendido entonces en esta práctica es como aplicar el método de análisis, pero para otro tipo de geometrías diferentes y no solamente apoyos en vigas

Idalia Rivera Del Ángel

En la realización de esta práctica aprendimos acerca de las pruebas del marco de la bicicleta, los cambios necesarios en su codificación para entender su optimización en el diseño y llegar a obtener el resultado deseado a través de Matlab.

Armando Rincón Reyes

En esta práctica al igual que en la anterior hicimos uso del programa Matlab y el código de 99 líneas que en este caso nos enfocamos en una bicicleta y su optimización topológica. También, incluimos lo que es el elemento finito, en cierta forma hicimos lo mismo que en la práctica 1, pero cambiando la propuesta de diseño.

6. Referencias bibliográficas

- Pedrero, J. C. (24 de Noviembre de 2018). *Escuela La Bicicleta*. Obtenido de <https://labicicleta.net/escuela/geometria-de-un-cuadro-de-bicicleta/>